

УДК 621.9

О. С. Петухова, Е. Д. Гуркина, Е. А. Смирнова

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), г. Москва

faculty1@mail.ru (почта организации)

Научный руководитель — канд. техн. наук Т. Г. Ягудин

СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

В работе показано, что поверхностное пластическое деформирование (ППД) глубокого отверстия относится к процессу окончательной его обработки. За счет этого сглаживаются неровности поверхностного слоя и достигается низкая шероховатость ($R_a = 0,32\text{--}0,08$ мкм), происходит изменение размера отверстия и шероховатости (размерно-чистовая обработка) или создается необходимое напряженное состояние и упрочнение металла поверхностного слоя (упрочняющая обработка). Этим методом обрабатываются глубокие отверстия в деталях из чугунов, сталей, в том числе закаленных

Ключевые слова: деформирование, микротвердость, шероховатость, остаточные напряжения

O. S. Petukhova, E. D. Gurkina, E. A. Smirnova

SUMMARY OF THE SURFACE PROCESSING PROCESS PLASTIC DEFORMATION

The paper shows that the surface plastic deformation of a deep hole refers to the process of its final processing. Due to this, the roughnesses of the surface layer are smoothed out and a low roughness is achieved, the hole size and roughness change (size finishing), or the necessary stress state and hardening of the metal of the surface layer are created (hardening treatment). This method processes deep holes in parts made of cast iron, steels, including hardened

Keywords: deformation, microhardness, roughness, residual stresses

Для обработки глубоких отверстий методом ППД применяются роликовые и шариковые раскатки, дорны из композиционных материалов, а также алмазные выглаживатели и другие инструменты, работающие по различным схемам.

Сопоставление этих схем позволяет отметить, что при равных условиях работы роликовых и шариковых раскаток меньшая шероховатость поверхности достигается первой за счет сглаживающего действия роликов, которые контактируют с обрабатываемой поверхностью на большей длине, чем шарики. Поэтому и производительность при обработке роликовыми раскатками значительно выше, чем шариковыми. Однако при прочих равных условиях для достижения требуемой шероховатости за счет одинаковой по величине остаточной пластической деформации к роликовым раскаткам необходимо приложить более значительные по величине усилия, чем к шариковым. Для интенсивного пластического деформирования и создания на обработанной поверхности наибольших остаточных напряжений сжатия необходимо применять дорнование, при котором вдоль контактной площадки, образованной местным сжатием под нормальной нагрузкой, действует сдвигающая сила.

Для обеспечения определенной шероховатости или специальных свойств (упрочнение) обработку глубоких отверстий необходимо проводить инструментами упругого действия. Использование этого вида инструмента позволяет получать равномерное усилие раскатывания по всей длине обрабатываемой поверхности, что создает условие плавного ведения процесса обработки независимо от точности и формы заготовки и правильности ее установки на станке. Для калибровки, отделки и упрочнения необходимо применять жесткие инструменты, которые позволяют обеспечить как частичное исправление геометрической формы исходной поверхности, так и повышение точности размера.

Основными параметрами режима обработки являются усилие раскатывания и подача (при дорновании). Скорость раскатывания и число проходов не оказывают существенного влияния на показатели процесса и шероховатость поверхности, поэтому необходимо подбирать режимы обработки (усилие и подачу) так, чтобы процесс был осуществлен за один проход.

На шероховатость обработанной поверхности, степень и глубину наклепа, величину остаточных напряжений, возникающих в поверхностном слое металла, оказывают основное влияние усилие и подача рассматриваемых методов ППД. При этом величина подачи обычно колеблется (в зависимости от метода) от 0,07–2,5 мм/об, до 0,09 м/с при дорновании и выбирается в зависимости от исходной и требуемой

шероховатости, радиуса деформирующего элемента, их количества и числа проходов. С уменьшением величины подачи шероховатость поверхности снижается, однако чрезмерное ее понижение (по сравнению с рекомендуемым) может привести к увеличению кратности приложения нагрузки и, как следствие, к перенаклепу, который обычно проявляется в шелушении поверхности, отслаивании частиц металла.

Для обработки глубоких отверстий в чугунных деталях применяются роликовые раскатки. Обработка глубоких отверстий ППД как размерно-чистовая одновременно с уменьшением шероховатости упрочняет поверхность, исправляет ее форму и повышает точность размеров. При этом, например, точность, достигаемая при обработке глубоких отверстий, определяется из формулы [1]:

$$K_p = 2 K (1/J_3 + 1/J_{\text{и}}) = \delta/\delta_3,$$

где δ — допуск на изготовление отверстия, мм; δ_3 — допуск на изготовление заготовки, мм; $K = P/\delta_1$ — коэффициент; P — усилие раскатывания, Н; δ_1 — натяг, мм; J_3 — жесткость заготовки, Н/мм; $J_{\text{и}}$ — жесткость инструмента, Н/мм. Тогда искомая точность после раскатки — $\delta = K_p \cdot \delta_3$. При этом коэффициент уточнения K_p при обработке жестким инструментом колеблется в пределах 0,6–0,7, а упругим — $K_p = 0,75$ –1,0, т. е. наличие упругого элемента снижает точностные возможности процесса.

Чистовая обработка ППД, например, закаленных сталей (HRC 48–62) позволяет снизить шероховатость обработанной поверхности с $R_a = 1,25$ мкм до $R_a = 0,16$ –0,08 мкм. При этом глубина упрочненного слоя достигает 0,6–0,9 мм, в поверхностном слое создаются остаточные напряжения сжатия, которые повышают предел выносливости обработанной детали на 30–40 % [2].

Литература

1. Караваева Д. Н., Пучков В. П. Повышение стойкости рабочих элементов разделительных штампов // Технические науки — от теории к практике. 2012. № 10. С. 53–65.
2. Разумов М. С., Зубков Н. С., Афанасьева Л. Е. Влияние алмазного выглаживания на структуру и свойства наплавленного металла в зоне лазерного воздействия // Металловедение и термическая обработка металлов. 2009. № 12. С. 40–43.